

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : **05-210745**(43)Date of publication of application : **20.08.1993**

(51)Int.Cl.

G06F 15/72(21)Application number : **04-238635**(71)Applicant : **CANON INC**(22)Date of filing : **07.09.1992**(72)Inventor : **ADAMU BIRIYAADO
GERUHARUTO POORU OTSUTOO
DEEBITSUDO RAUKII**

(30)Priority

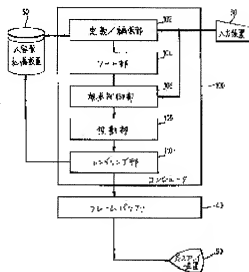
Priority number : **91 9119141** Priority date : **06.09.1991** Priority country : **GB**

(54) METHOD AND DEVICE FOR PROCESSING THREE-DIMENSIONAL GRAPHICS

(57)Abstract:

PURPOSE: To increase the speed of efficient moving image formation to be attained by the small quantity of calculation, to edit a three-dimensional object while reevaluating a list without generating a long delay and to attain real time edition by ordering polygons constituting the object by means of topological sorting procedure.

CONSTITUTION: Data for defining a three-dimensional object are the coordinate data of the vertexes of plural polygon faces constituting the object. A sorting part 104 inputs object data defined by a defining/editing part 102 and forms a sorting list of faces. A visual point control part 106 allows an operator to define a visual direction and a distance through an input device 30. When the relative direction of the object to the visual point face of a display device 50 is defined, a projection part 108 executes the projection processing of the three-dimensional object to a two-dimensional visual point face and a rendering part 110 executes the rendering processing of an area on the projected two-dimensional visual point face by the list order formed by the sorting part 104 to paint out the area.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

07.09.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3184327

[Date of registration]

27.04.2001

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of

Searching PAJ

rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

特許第3184327号
(P3184327)

(45) 発行日 平成13年7月9日(2001.7.9)

(24) 登録日 平成13年4月27日(2001.4.27)

(51) Int.Cl. ⁷	識別番号	F I
G 0 6 T 15/40	2 0 0	G 0 6 T 15/40 2 0 0

請求項の数9(全 27 頁)

(21) 出願番号	特願平4-238635	(73) 特許権者	000001007 キヤノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(22) 出願日	平成4年9月7日(1992.9.7)	(72) 発明者	アダム ビリヤード イギリス国 SW17 ロンドン トゥー チング ソルターフォードロード 72
(65) 公開番号	特開平5-210745	(72) 発明者	ゲルハルト ボール オットー イギリス国 GU2 6 JE サリー ギルフォード パークバーン キャベル ロード 12
(43) 公開日	平成5年8月20日(1993.8.20)	(74) 代理人	100076428 弁理士 大塚 康徳 (外1名)
審査請求日	平成11年9月7日(1999.9.7)		
(31) 優先権主張番号	9 1 1 9 1 4 1 1		
(32) 優先日	平成3年9月6日(1991.9.6)		
(33) 優先権主張国	イギリス (GB)		
		審査官	加藤 恵一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 3次元グラフィックス処理方法及びその装置

1

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】 視点方向に対応して3次元物体の2次元投影像を生成するための装置であって、前記3次元物体の表面部位に対応して複数の表面部位のデータを記憶する表面部位記憶手段と、
複数の視点方向の各々に対応するリストを生成するソート手段であって、各リストの生成に際し、前記表面部位のデータをソートし、各リストに対応する視点方向から見たときの隠れ面の消去を生じるように、前記各表面部位の上書き表示順序を示すリストを生成するソート手段

2

次元物体の2次元投影像を生成する投影手段とを備えることを特徴とする装置。

【請求項2】 視線方向に対応した3次元物体の2次元投影像を生成するための装置であって、前記3次元物体の表面部位に対応して複数の表面部位のデータを記憶する表面部位記憶手段と、前記表面部位データをソートして順序付けされたリストを生成するソート手段であって、該順序は隠れ面の消去を生じるように前記表面部位を上書きする場合の表示順番に対応し、前記表面部位が異なる視線方向からも他

3

を決定するソート手段と、

前記リストの順番に従って前記表面部位を処理することで、前記視線方向に応じた前記3次元物体の2次元投影像を生成する投影手段であって、前記視線方向に対して各表面部位の投影が前記3次元物体の内側の面となるか外側の面となるかを決定して、外側の面に対応する表面部位の処理を行う投影手段とを備えることを特徴とする装置。

【請求項3】 視線方向に対応した3次元物体の2次元投影像を生成するための装置であって、

前記3次元物体の表面部位に対応する複数の表面部位のデータを記憶する表面部位記憶手段と、前記表面部位を処理することで前記3次元物体の2次元投影像を生成する投影手段であって、視線方向に対して表面部位の投影が前記3次元物体の内側の面となるか外側の面となるかを調べ、前記内側の表面部位の処理は行わない投影手段とを備え、

更に、隠れ面を消去するために前記投影手段で前記表面部位を上書きする場合の表示順番を示す少なくとも1つの前記表面部位の順番付けされたリストを生成するソート手段であって、各表面部位ごとに他の表面部位との比較処理を行って前記他の表面部位が物体に關して前記表面部位の内側に位置するか外側に位置するかを決定し、該比較結果に基づいてどちらの表面部位が他の表面部位を隠すかあるいはどちらの表面部位が他の表面部位によって隠されるかを求め、該データに基づいて他の表面部位を隠す表面部位を隠される表面部位の後に処理するような順番に並べた前記リストを生成するソート手段を備えて、前記投影手段は前記リストの順番に前記表面部位を処理することを特徴とする装置。

【請求項4】 前記ソート手段は、それぞれ異なる視線方向に対応する複数のリストを生成し、前記データではソート処理を充分に行うことができない場合には、前記視線方向を参照して表面部位のソート処理を行うことを特徴とする請求項3記載の装置。

【請求項5】 前記ソート手段はトポロジカルソート処理を行うことを特徴とする請求項1乃至4のいずれか1つに記載の装置。

【請求項6】 複数の図素データを記憶するフレーム記憶手段を更に備え、前記処理は図素データの生成処理及び前記投影される表面部位に対応する前記フレーム記憶手段への記憶処理を含むことを特徴とする請求項1乃至5のいずれか1つに記載の装置。

【請求項7】 前記2次元投影像を表示する表示手段を

4

データが記憶されている場合に、

前記表面部位データをソートして順序付けされたリストを生成するソート工程であって、該順序は隠れ面の消去を生じようとして前記表面部位を上書きする場合の表示順番に対応し、前記表面部位がいかなる視線方向からも他の表面部位を隠すことができない表面部位であるか、隠すことができる表面部位であるかを決定して、他の表面部位を隠すことができない表面部位を最初に表示されるように前記リストに書き込み、他の表面部位を隠すことができる多角形間でソート処理を行ってリスト中の順番を決定するソート工程と、

前記リストの順番に従って前記表面部位を処理することで、前記視線方向に応じた前記3次元物体の2次元投影像を生成する投影工程であって、前記視線方向に対して各表面部位の投影が前記3次元物体の内側の面となるか外側の面となるかを決定して、外側の面に対応する表面部位の処理を行う投影工程とを備えることを特徴とする方法。

【請求項9】 前記ソート工程では複数の視点方向の各々に対応するリストを生成し、

更に、指定された視線方向に応じて、前記ソート工程で生成された複数のリストから前記投影工程で使用する1つリストを選択する選択工程を備えることを特徴とする請求項8記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、3次元物体の2次元像を生成する装置、特に3次元空間内で運動する物体の2次元投影動画像を生成する装置、ならびにこのような画像を生成する方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 3次元グラフィックス処理装置は種々の応用技術において利用されている。例えば、計算機利用設計(CAD)や計算機利用製造(CAM)において様々な視点からどのように装置が見えるかを確認するためや、電子ビデオゲーム、訓練用のフライトシミュレータなどに用いられている。また、数学的に定義された関数を視覚化するためや、種々のデータをプロットするためにも用いられている。

【0003】 動画像を生成するためには、25あるいは30フレーム/秒の速度で画像を更新して、人間の眼が静止画像を感知したものとしてではなく連続する動画像として感じるようにしなければならない(但し、いくつかの応用では、10フレーム/秒などのより低いレートで十分の場合もある)。グラフィックス処理装置は、この

40

行する必要がある。

【0004】3次元グラフィックス処理を行う応用の中には、粗い解像度の3次元物体モデルで十分なものもある。例えば、計算機利用設計(CAD)では、3次元物体は物体表面中の複数の点の座標データで計算機中に定義され、ワイヤフレーム画像として表示される。表示する物体が3次元空間内で運動すると、計算機は点の2次元投影座標を計算し、点の間に線を結くという処理を許可フレームレートで実行する。この際、ワイヤフレームモデルの点が比較的少数であるため、実時間処理が可能となる。このように2次元投影像の計算が実時間で行えるため、入力手段と制御手段とを計算機に持たせ、オペレータは物体に対する視点の変更を直接行うことが可能となり、異なるアングルからの物体の見え方などをシミュレートすることが可能となる。

【0005】一方、映画で用いられているような3次元物体の運動を表現する動画画像では、空間的解像度のみならず輝度値や色の解像度もより細かなものが必要となる。写真と同質(写実)の動画画像の生成に向けて現在研究が進められているが、現時点では、写真と同様の画質の画像の生成が不可能というわけではないが、実時間で生成は不可能であり、オペレータによる対話的処理は行うことができない。そこで、画像を一枚一枚生成し、蓄積し、表示する。

【0006】現在、画像合成では、頂点によって定義された多角形として画像を合成し、各多角形ごとの各画素ごとに、所定の色に応じた画素色が多角形に対応した透過パラメータを定義することが多い。ここで、多角形中の画素の色を求める処理は一般に「レンダリング」と呼ばれる。多角形の頂点の位置を計算するためには少数の頂点に対して非常に複雑な数式演算を行わなければならないのに対し、レンダリング処理では非常に多くの点に対して乗算と加算という簡単な演算を繰り返す。すなわち、画像処理装置は、多角形の頂点のデータとレンダリングパラメータとを入力して、計算された画素データを表示用の画像バッファに書き込む処理を行う。しかし、現在のところこのような装置は高価なものとなっている。

【0007】3次元グラフィックス処理において生じる問題の一つは、隠れ線消去や隠れ面消去である。ソリッドな物体を表示する際には、手前側の物体部位がより遠くの物体部位を隠すように表示する方が望ましい。このような隠れ線消去、隠れ面消去を行う一般的な処理として、ある画素のレンダリングを行う際、この画素がすでに画像バッファ内に書き込まれている画素よりも手前に

要とするため、実時間処理を行うためには高速な画像処理ハードウェアを必要とする。

【0008】隠れ線消去、隠れ面消去を行う他の手法として、レンダリング処理に先立って、画像中の部位が他の部位によって隠されるかどうかを多角形単位で判断する手法がある。すなわち、計算機は多角形に着目して、どの多角形が視野内に位置するかを判定する処理を行う。これによれば、画素ごとではなく多角形ごとに判定処理を行うため判定処理数は少なくなるが、各判定処理に要する計算量が増大するため、計算時間は増加する。

【0009】隠れ面消去のための「重ね書き法」では、多角形の頂点の座標を調べ、多角形を視点からの距離順に並び替える。次いで、最初に最も近い多角形を画像バッファに書き込み、順々により近い距離の多角形を重ね書きしていくというように、距離順にレンダリングする。しかし、この処理では、表示する各画像ごとに(あるいは、少なくとも画像が変化したときに)すべての多角形の並び替え処理を実行しなければならず、多くの計算量を必要とする。

【0010】また、多角形を、物体内部に向いている面(裏の面)と物体外部に向いている面(表の面)との2つの面を有するものとしてとらえる手法がある。ソリッドな物体では多角形の裏の面は決して見えず、表の面のみが表示される。したがって、レンダリング処理に先立って、多角形が視点に対して表の面であるか裏の面であるかを判定し、表の面のみをレンダリングすれば良い。この手法によって隠れ面消去の問題は低減されるけれども、完全な解決にはなっていない。

【0011】他の隠れ線消去、隠れ面消去手法として「2分画法」(BSP)が知られている。これは論文 K adams, et al: "On visible surface generation by a p rioritree structures", Computer Graphics, vol.14, no.3, pp.124-133 (1980) と Abram, et al: "Near real time shaded display of rigid objects", Computer Graphics, vol.17, no.3, pp.65-72 (1983) に述べられている。この手法では動画画像生成に先立ち、ツリー中の各ノードが多角形を示し子ノードと親ノード(存在すれば)とを有するツリー構造モデルをメモリ内に生成する前処理を実行する。ツリーは、第1の多角形に対し、すべての親ノードが前方に位置し、子ノードが後方に位置することを意味するものである。このようなツリーが生成できるためには、ある多角形が他の多角形と交差していない。そうでない、前後関係の判断がつかないためである。このように各多角形を空間を構成図の前面と後面とに2分するものとしてとらえる。手法の

解く。この解の符号によって、視点が多角形の前面に位置するか後側に位置するか（すなわち、多角形が視点に向いているか、視点と反対方向に向いているか）が判断できる。すなわち、この符号に応じて、後側に位置する多角形に対応するツリーの子ノードあるいは親ノードとなるかを決定でき、ツリーを進む方向を決定できる。

【0013】次いで、ルートが多角形の後側に位置する多角形を選択し、上述の処理を繰り返す。後側に多角形が存在しない場合には、その多角形を表示して一つ前の多角形を再び選択する。すなわち、その多角形の後側に多角形が存在しない場合にはその多角形を表示し、存在する場合には後側の多角形を選択する。このように、ある多角形の後側にある多角形がすべて表示されてから、その多角形が表示される。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、多くの場合、多角形が他の多角形の後側に完全に位置するとは限らない。このような多角形は、一部が手前、一部が背後というように、2つに分割して考えなければならず、実質的な多角形数の増加につながる。また、この手法の有効性は、ツリーのルートとして選択される多角形に大きな影響を受けるが、適切なルートの選択基準は存在しない。さらに、表示する画像フレームごとに、またツリーを走査するたびに多角形に対して平面方程式を解かなければならず、計算量は非常に多くなり、計算時間は長くなる。

【0015】本発明は、前記従来の欠点を除去し、トポロジカルなソート処理を行うことで非常に効率よい計算量の少ない処理が可能な3次元グラフィックス処理方法及びその装置を提供する。また、リストの走査処理が高速であるため、動画像生成の速度を高速にすることができる3次元グラフィックス処理方法及びその装置を提供する。また、リストの生成処理も高速であるため、リストの再評価を行いながらの物体の描画を長い遅延を生じることなく行うことができ、実時間の描画が可能である3次元グラフィックス処理方法及びその装置を提供する。

【0016】

【課題を解決するための手段及び作用】このような点を鑑みて、本発明は、3次元グラフィックス動画像を生成する画像プロセッサであって、物体の複数の表面を定義するデータを記憶する手段と、少なくとも一つの表面の順番リストを定義して記憶し、ある方向からの視線順に前記表面を並べる手段と、隠れ面消去を行うために前記順番の表面順に生成することによって、前記表面に対応した図

像とをさらに備える。ここで、方向は一般に直交軸で表現される。また、順番を決定する方法はトポロジカルなソート処理であることが望ましい。

【0017】また、本発明は、3次元物体の形状を指定する複数の表面を表示する手段と、前記表面を隠れ面消去を行うような順番でソートする手段とを備える。ここでのソート手段は、表面間のトポロジカルな関係を考慮してソート処理を行うものであり、いわゆる「トポロジカルソート」処理を実行する。表面を表示する視線方向に沿っての表面の相対的実行のみに基づいたソート方法に比べ、このようなトポロジカルなソート処理を行うことで非常に効率よい処理が可能となる。

【0018】さらに、本発明は、どの多角形が他の多角形を隠すか、どの多角形が他の多角形を隠さないかを最初に決定して、レンダリングする順番を指定するリストを生成する方法や装置に関するものである。このように多角形の分類を行うことで、後のソート処理量を低減することができる。例えば、視線方向上での多角形の空間的距離に基づいた他のソート処理では、ある多角形は他の多角形を隠すことはないという点、すなわち、ある多角形が他の多角形を隠すような位置に存在する場合でも、他の多角形が裏向きであるためレンダリングする必要がないという点を考慮していない。

【0019】リストの走査処理は高速であるため、動画像生成の速度を高速にすることができる。また、リストの生成処理も高速であるため、リストの再評価を行いながらの物体の描画を長い遅延を生じることなく行うことができ、実時間の描画が可能である。

【0020】本発明の3次元グラフィックス処理装置は、視点方向に対応して3次元物体の2次元投影像を生成するための装置であって、前記3次元物体の表面部位に対応して複数の表面部位のデータを記憶する表面部位記憶手段と、複数の視点方向の各々に対応するリストを生成するソート手段であって、各リストの生成に際し、前記表面部位のデータをソートし、各リストに対応する視点方向から見たときの隠れ面の消去を生じるように、前記各表面部位の上書き表示順序を示すリストを生成するソート手段と、指定された視線方向に応じて、前記ソート手段にて生成された複数のリストの1つを選択する選択手段と、該選択手段にて選択されたリストの順番に従って前記表面部位を処理することで、前記視線方向に応じた前記3次元物体の2次元投影像を生成する投影手段とを備えることを特徴とする。又、視線方向に対応した3次元物体の2次元投影像を生成するための装置であって、前記3次元物体の表面部位に対応して複数の表面

位を隠すことができない表面部位であるか、隠すことができる表面部位であるかを決定して、他の表面部位を隠すことができる表面部位を最初に表示されるように前記リストに書き込み、他の表面部位を隠すことができる多角形間でソート処理を行ってリスト中の順番を決定するソート手段と、前記リストの順番に従って前記表面部位を処理することで、前記視線方向に応じた前記3次元物体の2次元投影像を生成する投影工程であって、前記視線方向に対して各表面部位の投影が前記3次元物体の内側の面となるか外側の面となるかを決定して、外側の面に対応する表面部位の処理を行う投影手段とを備えることを特徴とする。又、視線方向に対応した3次元物体の2次元投影像を生成するための処理であって、前記3次元物体の表面部位に対応する複数の表面部位のデータを記憶する表面部位記憶手段と、前記表面部位を処理することで前記3次元物体の2次元投影像を生成する投影手段であって、視線方向に対して表面部位の投影が前記3次元物体の内側の面となるか外側の面となるかを調べて、前記内側の表面部位の処理は行わない投影手段とを備え、更に、隠れ面を消去するために前記投影手段で前記表面部位を上書きする場合の表示順番を示す少なくとも1つの前記表面部位の順番付けされたリストを生成するソート手段であって、各表面部位ごとに他の表面部位との比較処理を行って前記他の表面部位が物体に関して前記表面部位の内側に位置するか外側に位置するかを決定し、該比較結果に基づいてどちらの表面部位が他の表面部位を隠すかあるいはどちらの表面部位が他の表面部位によって隠されるかを示すデータを求め、該データに基づいて他の表面部位を隠す表面部位を隠される表面部位の後に処理するような順番に並べた前記リストを生成するソート手段を備えて、前記投影手段は前記リストの順番に前記表面部位を処理することを特徴とする。ここで、前記ソート手段は、それぞれが異なる視線方向に対応する複数のリストを生成し、前記データではソート処理を充分に行うことができない場合には、前記視線方向を参照して表面部位のソート処理を行う。また、前記ソート手段はトポロジカルソート処理を行う。また、複数の図素データを記憶するフレーム記憶手段を更に備え、前記処理は図素データの生成処理及び前記記憶される表面部位に対応する前記フレーム記憶手段への投影処理を含む。また、前記2次元投影像を表示する表示手段を更に備える。又、本発明の3次元グラフィックス処理方法は、視線方向に対応した3次元物体の2次元投影像を生成するための方法であって、前記3次元物体の表面部位に対応して複数の表面部位のデータが記憶されている場

か、隠すことができる表面部位であるかを決定して、他の表面部位を隠すことができない表面部位を最初に表示されるように前記リストに書き込み、他の表面部位を隠すことができる多角形間でソート処理を行ってリスト中の順番を決定するソート工程と、前記リストの順番に従って前記表面部位を処理することで、前記視線方向に応じた前記3次元物体の2次元投影像を生成する投影工程であって、前記視線方向に対して各表面部位の投影が前記3次元物体の内側の面となるか外側の面となるかを決定して、外側の面に対応する表面部位の処理を行う投影工程とを備えることを特徴とする。ここで、前記ソート工程では複数の視点方向の各々に対応するリストを生成し、更に、指定された視線方向に応じて、前記ソート工程で生成された複数のリストから前記投影工程で使用する1つリストを選択する選択工程を備える。本発明の他の特徴や好適な実施例については以下述べる。

【0021】

【実施例】以下、添付図面を参照しながら、例を用いて本発明を説明する。

20 <装置の一般説明>図1は、本発明の実施例の3次元グラフィックス処理装置の一般的構成を示すブロック図である。

【0022】本装置は、プロセッサ10（例えばマイクロプロセッサ）と、プロセッサ10に接続されて、プロセッサ10の動作を規定するプログラム及びプロセッサ10が用いたり計算したりする物体データや画像データを蓄えるメモリ20とを備える。プロセッサ10の入力ポートには入力装置30が接続されている。入力装置30としては、一般的なキーボードの他に、「マウス」、

30 トラックボール、ジョイスティックなどの位置に反応する入力装置であっても良い。プロセッサ10には、またフレームバッファ40が接続されている。フレームバッファ40は、少なくとも一枚の画像を蓄えることのできるメモリユニットであり、通常画像の1画像に対して1つのメモリ位置が割り当てられている。ここで、各画像のデータを有するフレームバッファ40のアドレスは、その画像の画像中の位置に対応している（すなわち、フレームバッファ40はメモリマッピングされている）。画像は一般に画像の2次元記列であり、通常デカルト座標系で表現される。すなわち、画像はX、Y座標で表現される。このような表現法は、例えば画像をラスタースキャン装置に表示する場合に、X座標とY座標とがそれぞれライン上の画素とライン数とに対応するため便利な表現法である。画像中の画像素は画像の解像度に対応する。したがって、1000×1000画像（N、M=1

【0023】フレームバッファ40にはディスプレイ装置50が接続されている。ディスプレイ装置50は、フレームバッファ40に蓄えられた画像に対応する信号によって、5〜50フレーム/秒（一般的には25あるいは30）で従来通りの動作をする。メモリ20（一般的にはプロセッサ10を介して）やフレームバッファ40には、メモリ20にロードされた複数の画像データや物体データを蓄えるためのハードディスクドライブなどの大容量記憶装置60が接続されている。

【0024】プロセッサ10とメモリ20、さらにフレームバッファ40、ディスプレイ装置50、大容量記憶装置60などは1つのコンピュータユニット、例えばサンマイクロシステムズ社のSparc-Stationなどのようなワークステーションユニットとして構成することもできる。このワークステーションユニットは、RISC（少数命令セットコンピュータ）アーキテクチャをもつプロセッサ10を有している。本発明の実施例において、フレームバッファ40に画像データを生成するために別々のレンダリングプロセッサやグラフィックスエンジンを用いることなく高速に処理を実行することができ。

【0025】＜動作の一般的な説明＞図2、図3a、図3bを参照して、本実施例の一般的な動作について説明する。コンピュータ100は、異なるタイミングで異なる複数の処理、すなわちメモリ20に蓄えられているプログラムを実行する。そして、このような処理を実行するために（メモリ20とともに）手段102〜110を備えている。図2はこれらの手段を別々に示したものであるが、本実施例ではこれらはすべてメモリ20を利用してプロセッサ10において実行される。しかし、もちろん個別なプロセッサや専用論理回路を接続して各機能を実行することもできる。

【0026】本実施例のグラフィックス処理装置は、まず動画像を生成する3次元物体の形状を定義したり物体を編集したりするための定義/編集部102を備える。一般にこの定義部102は大容量記憶装置60に接続されており、一度定義した物体を後で再び利用できるように蓄えることができる。また、編集部102は入力装置30に接続されており、オペレータが3次元物体を変更できるようにしている。ここで、入力装置30や大容量記憶装置60に加えて、もしくはこれらの替りに、他の入出力装置（例えばネットワークで接続された他のコンピュータなど）を用いることも可能である。以下に詳述するように、本実施例では3次元物体を定義するデータは、物体を構成する複数の多角形表面（一般に連続す

【0027】本実施例によれば、コンピュータ100はソート部104を備え、最後に表示する面が他の面を隠すように、表示する（フレームバッファ40にレンダリングする）順に物体の表面をソートする処理を実行する。すなわち、ソート部104は定義部102で定義された物体データを読み込み、物体の表示処理や動画像生成処理に先立って、面のソートリストを生成する処理を行う。ここで生成したソートリストは以下の処理で用いる。

10 【0028】ディスプレイ装置50などの2次元画面上での物体の見え方、すなわちフレームバッファ40中に蓄えられる画像データは、物体を見る視線方向や、物体とディスプレイ装置50の面に対応する仮想視点との距離に依存する。したがって、コンピュータ100は視点制御部106を備えており、オペレータは視線方向や距離を入力装置30を介して定義することができる（例えば、視点及び/又は視線方向の座標を定義する）。ここでは、各時点での視点は個別に定義するのはなく、運動方向や速度などを指定して視点や視線方向の移動軌跡を入力することで、連続レンダリング画像の生成を容易にしている。なお、視線方向と距離データとは、物体とディスプレイ装置50の仮想面（仮想視点）との間の相対的距離や方向を定義するものである。表示する物体が1つのみである場合には、物体と画面との相対的關係のみが重要であるため、物体が画面かどちらかの位置と向きとを定義するだけで良い。これに対して、表示する物体がそれぞれ定義された位置に複数存在する場合には、1つの物体が独立に運動したり視点が全物体に対して移動したりするため、視点制御部106が視点あるいは各物体の新しい位置を定義できることが望ましい。

30 【0029】ディスプレイ装置50の視点面に対する物体の相対的方向を定義すると、コンピュータ100は投影部108において3次元物体の2次元視点面への投影処理を（領域ごとに）実行できる。次いで、投影部108において投影された2次元視点面上の領域のレンダリング処理を、ソート部104で生成したリスト順にレンダリング部110で実行して領域を塗りつぶす（すなわち、領域内のフレームバッファ40の各画素位置に所定の色値を割り当てる）。以下に詳述するが、好適な実施例では、外を向いている面（表面）のみに対してレンダリング処理を行う。したがって、レンダリング部110は各領域が投影面に対してどちらの方向を向いているかを判断する処理をも行う。すべての領域のレンダリング処理を行って画像データをフレームバッファ40に書き込むと、視点制御部106は視点位置の変更を適宜行

ごとに実行される処理(図3b参照)と、他の処理に先立って前処理として実行される処理(図3a参照)の2つである。図3aに示すように、物体の表面領域を指定するデータによって定義される物体が少なくとも1つ存在する場合には、ソート部104がデータを読み込み(S31)、領域をソートしてレンダリング処理を行う順番を示すリストを生成する(S32)。続いて、図3bに示すように、表示処理を行う時点で、視点制御部106は視点と物体との相対的位置を示す視点データを入力し(S41)、リストを読み込み(S42)、リスト順の各領域ごとに投影部108において多角形が表面であるかどうかの判定を行い、表面であれば領域の視点面への投影処理を実行し、レンダリング部110において投影領域のレンダリング処理を行う(S44~S48)。もちろん、レンダリング処理に先立ち、すべての領域の投影処理を実行することもできる(しかしながら、この手法では、投影領域データを保持する余分のメモリが必要となる)。

【0031】<好適な実施例の詳細な説明>図4aにおいて、多角形P1は、それぞれがX、Y、Z座標で指定される4つの頂点V1~V4の位置で定義される。また図4bにおいて、3次元物体のディスプレイ装置50上の表示は、それぞれが2次元頂点座標で指定される複数の多角形P1~P4などから成る。2次元座標X'、Y'は、頂点の3次元座標X、Y、Z、の2次元投影座標である。頂点が投影される平面は視線角度によって定義される。

【0032】頂点それ自身によって平面が定義される。本実施例においては、各多角形に対して3次元物体の内部と外部とに対応する表面と裏面をも定義する。多角形の面が表面であるか裏面であるかを判断する1つの方法は、多角形の輪郭に沿って表面側から見て反時計回りに頂点を並べると、多角形の頂点をある所定の順番で並べることである。多角形の向きを調べるためには、多角形の頂点を反時計回りに同様の順番で並べることができるとかを単に調べれば良い。並べることができれば表面であり、そうでなければ表示する必要のない裏面となる。

【0033】図4bの下段において、メモリ20内のテーブル211には、各頂点V1~V4の3次元位置(例えば、X、Y、Z座標)を示すデータが蓄えられる。同様に、テーブル212には各多角形P1~P4に対応するデータが蓄えられる。この場合のデータは、テーブル211中のどの頂点が多角形の頂点となるかを示すデータと、多角形の向きを示すデータとである。通常、多角

領域210中に存在する頂点テーブル211は、それぞれがX、Y、Z座標を示す項目1~Nから構成される。一方、多角形テーブル212は、それぞれが頂点のリストV1~VNを示す項目1~Mから構成される。ここで、各リスト項目は頂点テーブル211中の頂点項目へのポインタから成る。このように第1のテーブル211に頂点座標を保持し、別に多角形テーブル212からのポインタを設けることで、頂点の座標を変更しても多角形テーブル212中の多角形項目を変更せずに頂点テーブル211中の項目を変更するだけで良いため、表示する物体の編集が容易になるという利点が生じる。すなわち、表示する物体のトポロジを変更することなく、頂点位置のみを変更するだけで良い。

【0035】図6において、図4bの下段及び図5に示したようなメモリ中のデータから図4bの上段に示したような表示画面を生成する際には、図3bの処理にしたがって多角形テーブル212中の多角形の処理を順に進める。視点制御部106(上述)において定義された視線方向から視点面を求め、投影部108が頂点テーブル211から順に各頂点V1、V2、...の座標を読み出し、それぞれの投影面上での座標X'、Y'を計算する。

【0036】すなわち、投影部108では、対応する2次元座標リストX'、Y'、X'、Y'、...を求める。次いで、図7に示すように、多角形が表面、裏面のどちらであるかを判定する。つまり、視点面上の投影頂点をリスト順に追ったときに、反時計回りとなるか時計回りとなるかを調べる。多角形が裏面である場合には、上述の理由から表示せず、多角形テーブル212において次の多角形の処理に進む。多角形が表面である場合には、頂点座標がレンダリング部110に入力され、視点面に投影された多角形内の画素値に対応する複数の画素データが生成されフレームバッファ40に蓄えられる。

【0037】レンダリング部では、投影部108において計算される多角形面と視点面とのなす角度に応じて輝度あるいは透過計算される。また、多角形が、例えば多角形テーブルに保持されている色でレンダリングされることもある。ここでは、多角形中の画素の色を指定する値cがレンダリング部110に入力される。

【0038】以上の処理は専門家には既知のものであり、説明を容易にするために述べたものである。

【0039】以下において、投影部108とレンダリング部110とに関する詳細な説明を行う。まず、本実施例におけるソート部104の動作について説明する。

において設定されたものである)。ソート部104は多角形テーブルを読み出し、少なくとも1つのソートされた多角形テーブルを生成する。図7は、3つのソートされた多角形テーブル214a、214b、214cを生成する例を示しており、各々は表示される順に多角形をリストしたものである。ここで、ソート部104は、隠れ面消去を行うために、着目される多角形よりも手前に位置し着目される多角形を隠す多角形よりも先にその着目される多角形を表示し、また着目される多角形の背後に位置し着目される多角形を隠す多角形よりも後に着目される多角形を表示するように、多角形の表示順を決定する。

【0041】図8aは3次元物体の2次元断面の例を示したものである。物体が完全に凸であれば(図8aのように)、どの角度から見ても多角形は裏面(したがって表示されない)であるかあるいは他の面を隠さないように位置する表面であるかのどちらかであることがわかる。したがって、完全な凸物体の場合には、各多角形の向きを判断して裏面を表示しなければ、表向きが多角形は相互に隠し合わないため表示の順番を気にする必要はない。

【0042】しかし、図8bに示すように物体が凹部を含んでいる場合には、2つの多角形とも表向きで一方がもう一方を隠すような視点が存在するため、表示の順番が重要となる。このような場合には、ある視点において2つの多角形の「外向き」すなわち表向きの方が内向き、すなわち裏向きの部位を隠してしまう。但し、このような多角形(すなわち、表向きの多角形が他の表向きの多角形の手前に位置するような多角形)の総数は、それほど多くはない。

【0043】したがって、本発明の本実施例では、図9に示すように、ソート部104は2段階の処理でソート処理を実行する。まず第1段階の処理で、他の多角形を隠す可能性のある多角形と隠さない多角形とを分類する(S91)。ここで残った多角形(多くの物体は本質的に凸であるため、多くの場合には、ここで残った多角形が3次元物体中の大半を占めることになる)をリスト214に登録し(S92)て、最初に表示する。この際の表示の順番は重要でない。次いで、ソート部104において決定された順番で残った多角形をリスト214に追加し(S93)て、表示する。

【0044】図10aと図10bとは、他の多角形を隠す多角形とそうでない多角形とに分類する第1段階の処理の流れを示したものである。

【0045】この処理では、図11に示すように、多角形1つ1つに対して、他の多角形がそれぞれ背後に存在

存在する場合、もしくはすべての頂点が多角形面上に存在する場合にも、多角形が手前に存在すると判断する。

【0046】したがって、図11において、多角形P1の面に対して、多角形P2は面の手前に存在する。多角形P3はすべての頂点が面の背後に存在するためP1の背後に存在すると判断される。多角形P4は1つの頂点が面上に位置し、他の頂点が面の背後に存在するため、面の背後に存在すると判断される。多角形P5はいくつかの頂点が面の手前に存在し、他の頂点が背後に存在する。そのため、この多角形は手前あるいは背後として分類することはできない。

【0047】図10aに戻り、ソート部104はリスト212中の各多角形を順に選択し(S101)、まず頂点V1、V2、V3(など)に基づいて連立方程式を生成して多角形面の方程式 $Ax + By + Cz + D = 0$ の係数を求める(S102)。次いで、ソート部104はテーブル212中の他の多角形を選択して(S103)、この多角形のすべての頂点が不等式 $Ax + By + Cz + D > 0$ を満たすかどうかを調べる(S104)。不等式がすべての頂点において満たされた場合には、この多角形は第1の多角形の手前に存在すると判断され、ソート部104は次の他の多角形に処理を進める(S107、S108)。一方、すべての頂点が不等式 $Ax + By + Cz + D < 0$ を満たす場合には、第2の多角形は第1の多角形面の垂直方向からみて背後に存在すると判断される(S105、NO)。そして、ソート部104はテーブル212中の各多角形を項目として有する新たなテーブル213を生成する(S106)。ここで、新たなテーブル213中の各項目は、当該多角形よりも背後に存在する多角形の番号のリスト情報を書き込まれる。すなわち、当該多角形面の背後に他の多角形が存在することが判定されるたびに、テーブル213の当該多角形の「背後」リストに他の多角形の番号が記録される。

【0048】図11におけるP5のようによくつかの頂点が手前にいくつかの頂点が背後に存在し、第2多角形が第1多角形K面を構切るような場合には、多角形が背後に存在するか手前に存在するかの判断が若干難しくなる。ここで、本実施例では、一方の多角形が他の多角形の面を構切る場合には、2つの多角形の順番を決定することができ、これに対して、2つの多角形それぞれが他方の多角形面を構切る場合には、2つの多角形の順番を決定することはできない。

【0049】したがって、図10bにおいて、第2多角形が第1多角形面を構切る場合には、ソート部104は第2多角形の方方程式を求め(S110)、第1多角形が

を書き込む(S106)。第1多角形が第2多角形の背後に存在するときには、第2多角形は第1多角形の手前に存在するため、ソート部104は次の第1多角形を選択して処理を繰り返す(S107~S109)。第2多角形が第1多角形の面を構切る場合には、一方の多角形が他の多角形の面を構切る形になっており、第2多角形は第1多角形面によって2つの部位に分けられる。すなわち、第1多角形面の背後に存在する1つの多角形と、手前に存在するもう1つの多角形の2つである(S113)。このためには、第1多角形の面の方程式を満たすように、第1多角形の面の背後と手前とに位置する頂点座標を線形内挿することによって、第1多角形の面上の新たな頂点座標を求める。そして、多角形テーブル212やテーブル213中の対応する項目をそれぞれ新しい多角形の2つの項目で置き換える。また、第1多角形の面の背後に存在する新たな多角形番号は、テーブル213中の第1多角形の項目に書き込まれる(S114、S115)。

【0050】すなわち、この多角形分割処理は、2番目の順序付け処理で2つの多角形の順序付けを分割せずに行うことができなかった場合、つまりそれぞれ別の多角形が相手の多角形を構切っている場合にのみ実行される。これは、ある多角形が他の多角形の面を構切るたびに多角形分割処理を行う空間2分割法と異なる点である。したがって、上述の実施例では、多角形を分割する回数が大幅に少なくなり、空間2分割法においてみられる多角形数の増大を避けることができる。そのため、初期ソート処理ならびに実時間投影におけるリスト走査処理の速度を大幅に向上させることができる。

【0051】以上の処理を第1多角形に対して実行すると、テーブル212中の第1多角形に対応するテーブル213の項目には第1リストが生成される。そして、この生成処理をテーブル212中の他の多角形に対して繰り返す。なお、多角形を分割するたびに、テーブル213中の多角形番号をも分割された多角形番号に置き換える処理を行う。

【0052】このような図10a、図10bに示す処理を終ると、テーブル213には、テーブル212中の各多角形ごとに、その多角形の面の背後に位置する多角形のリストが生成される。

【0053】ところで、第2多角形が第1多角形の面の背後に存在するときには、第1多角形が裏向きであれば第2多角形が第1多角形を隠すことはないため、常に第1多角形よりも先に第2多角形が表示される。第1多角形が裏向きであるときには、第1多角形は表示されな

には、ソート部104においてトポロジーを考慮したソート処理を行う必要がある。ところが、トポロジカルなソート処理では第1開始点が決定されていなければいけないため、テーブル213に保持されているデータでは不十分である。ソリッドな3次元物体では、物体がソリッドであるために、物体面の各多角形の背後には他の多角形が存在する。したがって、テーブル213中の各項目には、当該多角形の背後に位置する他の多角形が少なくとも1つ存在する。すなわち、テーブル213中のデータのみからでは、多角形を順序付けるためのトポロジカルなソート処理を開始することができない。

【0054】そこで、ソート部104は図12に示すような第2の処理をテーブル213中のデータに対して実行し、トポロジカルなソート処理を行えるようなデータ形式を生成する。ここでの処理は、他の多角形を隠す可能性のある多角形と隠す可能性のない多角形とを分離するものである。まず、テーブル212中の多角形iごとに、その第1多角形iの背後に位置する多角形jに対応するテーブル213のリストから求める(S121、S122)。そして、この「背後」多角形jに対するテーブル213の項目中に、第1多角形iが含まれているかどうか(すなわち、2つの多角形とも一方の多角形の背後に存在しているかどうか)を調べる(S123)。含まれている場合には、その多角形番号をテーブル213の項目から削除する(S124、S125)。この処理をテーブル212中のすべての項目に対して繰り返すと(S126~S129)、すなわち図12の処理を実行すると、すべての共通項目(お互いの多角形のテーブル213中の背後多角形リスト中にもう一方の多角形番号が存在するような多角形ペア)が削除される。

【0056】図8aからわかるように、凸物体においては、どの多角形が他の多角形の面の背後に位置しても、どの多角形も他の多角形を隠すことはない。一方、図11における多角形P1とP3とを考えると、P1はP3の手前に存在するが、P3はP1の手前には存在しない。同様に、P1とP3とが双方とも前向きになるとの観点からもP3はP1を隠さないが、ある観点からP1はP3を隠すことがある。したがって、多角形のペアを考えたとき、双方の多角形とももう一方の多角形の背後に存在するかどうかを調べるためには、どちらかの多角形が他の多角形を隠すことがあるかどうかを調べれば良い。すなわち、図10a、図10b及び図12に示した処理を実行すると、他の多角形を隠すことがないような多角形のテーブル213中の項目は空となるため、この処理によって他の多角形を隠す可能性のある多角形と

19

0 bにおける順序を逆に、手前に存在する多角形をテーブル中の項目としても良い。また、実際には図10 a、図10 bの処理と図12の処理とを統合して、図10 a、図10 bにおいて多角形番号をテーブル213の項目に書き込む前に、テーブル213中にすでに共通項目が存在するかを確かめても良い。この際、共通項目が存在した場合には多角形を書き込むことはせず、すでに存在している共通項目を削除することにより、図10 a、図10 bと図12の2つの処理を統合できる。さらに、他の多角形を隠す可能性があるかどうかの判断手法として、全く異なる手法（例えば、相対的な多角形の位置と傾き角度に基づいて判断する手法）を用いることも可能である。

【0058】このような処理によれば、テーブル213中で空の項目を有する多角形は他の多角形に先立ち表示することができ、ソート部104はトポロジカルなソート処理を実行することが可能となる。

【0059】テーブル213をトポロジカルなソート処理に適する形に修正する図10 a、図10 b、図12と同様の他の手法として、前後比較処理において第2多角形が第1多角形の背後に存在すると判断された際に、テーブル213中の第1多角形の項目に第2多角形番号を書き込むと同時に、第2多角形の項目中に書き込まれている多角形番号をも第1多角形の項目に書き込み、第1多角形とこれらの多角形との比較処理は実行しない手法も考えられる。この手法によれば、図10 a、図10 b、図12の処理に要する時間に比べ大幅な処理時間の低減を図ることができる。なお、ここでは、テーブル213中の項目は厳密な意味で多角形の前後関係を示すものとはならないが、多角形の表示順に関する情報は含んでおり、多角形の順番リストとして利用することができる。

【0060】図13はトポロジカルなソート処理のフローチャート図を示したものである。このソート処理では、多角形の旧リストであるテーブル213中の各項目を調べ、レンダリングする順番を指定する多角形の新リスト214をメモリ20内にテーブルとして生成する処理を行う。

【0061】まず、ソート部104はテーブル213中の項目を調べ、項目に書き込まれている背後多角形の数を求める（S130、S131、S134、S135）。ここで背後多角形が存在しないときには（S131、YES）、その項目に対応する多角形Aは他の多角形を隠すことのない多角形であると判断され、その多角形Aの番号をリスト214の終わりに書き込む（S13

20

角形の順番を決定する。まず、ソート部104は新リストK第1番目の多角形Bを選択し（S136）、テーブル213の残りの項目と順に比較する（S137、S138、S143、S144）。ここで新リストの多角形Bがテーブル213の項目Aに存在する場合には、多角形Bを項目Aから削除する（S139）。この削除処理によってテーブル213の項目Aが空になった場合には、この項目に対応する多角形はリスト213の他の多角形を隠さない背後多角形となるため（S140、YES）、テーブル213から削除して（S141）、新リスト214の終わりに書き込む（S142）。新リスト214の多角形Bとテーブル213中の各項目との比較処理を終えると（S143、S144）、ソート部104は新リストの次の多角形を選択し同様の処理を繰り返す（S145～S148）。この処理によってさらなる多角形が旧テーブル213から新リスト214に表示される順に移ることになる。

【0063】<一具体例による説明>本実施例の理解を助けるために、以下、3次元物体の2次元平面上への投影像の簡単な具体例を用いて処理の流れについて説明する。

【0064】図14は、各輪郭線（2次元）が3次元空間中の多角形を表わしている1型の2次元物体を示したものである。多角形には1～12の番号が割り振られている。なお、ここでの番号順は便宜的なものであり重要ではない。また、各多角形は物体内部から表を向いている。

【0065】図10 a、図10 bに示した処理を実行すると、ソート部104は図15に示すテーブル213を生成する。物体の凹部に位置する内側の多角形P3～P5、P9～P11に対応するテーブルの項目には、テーブル213の多角形のうち少数の多角形のみがリストされている。これは、これらの内側の多角形の背後には一部が多角形しか存在せず、残りの多角形は手前に存在してこの内側の多角形を隠す可能性があるためである。

【0066】ソート部104が図12に示した処理を実行すると、図16に示すようにテーブル213の多くの項目が修正される。この処理は、お互いに隠し合うような位置に存在しない多角形の相互参照を除去するものである。すると、多角形P3、P5、P9、P11のテーブル213の項目は空になり、これらの多角形は他の多角形を隠すものでないことが示される。したがって、これらの4個の多角形をまずはじめに表示することができる。一方、残りの多角形P1、P2、P4～P8、P10、P12の項目には、ある角度からみたときに背後に

40

21

ストの残りの項目に1つずつ多角形番号が書き込まれ、図17に示すようなリストが最終的に生成される。

【0068】ここで裏向き面のレンダリングを行わないこと、図17に示したリスト順のP3、P5、P9、P11、P10、P4、P8、P12、P1、P2、P6、P7の順に多角形をレンダリングすること、図14の物体の投影像をどの視点からも表示することができる。この際、この表示順は一意ではない。例えば、リストの上位4個の多角形の順番や下位4個の多角形の順番を変更することも可能である。

【0069】この例では、どの視点から物体を表示する場合でも、多角形をレンダリングする順番は同一の1つのリスト214で指定することができる。しかしながら、より複雑な3次元物体の場合には、1つのリストで指定できるとは限らない。特に、複数の多角形が空間中に位置しており、ある特定の視点ではある多角形が他の多角形を隠すことがありうるような場合には1つにならない。図18はそのような多角形の配置(2次元平面への投影像)を示したものである。このような場合に対して上述のソート論理を適用すると、1つの多角形は必ず他の多角形の前に表示されなければならないため、上述のソート処理は停止したりあるいは繰り返しを続けることになる。

【0070】そこで、このような状況を考慮して、好適な実施例では処理の繰り返しや停止を遅延する手段を備える。すなわち、いくつかの異なる視線(例えば直交軸)を指定して、それぞれの視線に対してリスト214a、214b、214cを生成する処理を行う。ここで、各リストの上位項目は同一になるが、多角形の繰り返しが生じることで、視線に沿った距離に基づいて次の多角形を選択することによって繰り返しを遅延する。

【0071】指定した視線に対して、どちらの多角形が手前に位置するかあるいはどちらの多角形が一方の多角形を隠すかを決定することができる。これに基づいて視線に対応するリストの次項目を決めることができる。この時点で、リスト214a、214bと214cとに対して書き込まれる多角形が異なることになる。

【0072】図19(図13のS147)は、繰り返し防止処理の一側を示したものである。ソートする各多角形ごとに、多角形の面の垂直ベクトル(多角形の「表」方向を指定するベクトル)を求め、これと得られた視線方向(S191)とを、例えば2ベクトル間の内積に基づいて比較する(S191)。ここで視線方向と多角形の面の垂直方向となす角が小さい程、その多角形は後ろ向きであることになる。そこで、最も後ろ向きである

22

述の処理を行って複数のリスト214a、214b、214cを順に生成するが、各リストは繰り返し防止処理におけるそれぞれ異なる視線に対応する(S201〜S203)。上で詳述したように、このリスト生成処理ではテーブル213の内容を書き換えてしまうため、図12の処理を実行した後または図13の処理を実行する前に、コンピュータ100はテーブル213のコピーを作成して、リスト214aの後にリスト214bと214cとを生成するための初期テーブルとしてそのコピーを用いる。

【0074】多くの場合リスト214a、214b、214c中の上位項目は同一になるため、ソート部104は第1リスト214a生成中の繰り返し防止処理の実行箇所を記憶して、それ以前のリスト中の項目をリスト214bと214cとにコピーし、その後からソート処理を開始することで、ソート処理の計算量を低減することができる。これ以外にも多くの修正をソート処理に対して加えることができる。

【0075】ソート部104におけるリスト214の生成に続いて、編集部102を用いて物体の編集を行う際に、好適な実施例では、ソート部104はテーブル213を再評価せずにテーブル213やリスト214中の空間情報を利用することで、比較やソート処理の回数が低減する。これによって、編集処理に要する遅延時間を低減することができ、より対話的な処理が可能となる。

【0076】図20に示した処理を終えると、図1と図2に示した統図を用いて対話的なグラフィックス処理を行うことができる。すなわち、オペレータが視線方向を直接(キーボードからデータを入力したりマウスを操作することで)指定したり、運動(物体の回転など)を指定して視線方向を入力すると、視線制御部106は動画画像を表示するための連続的な視点位置や視点角度を計算する。

【0077】続いて、視線制御部が視線方向と繰り返し防止処理において用いたリスト214a、214b、214cの方向とを比較し、視線に最も近い方向のリストを選択し、1フレームのレンダリング処理を行う。例えば、視線方向(ベクトル表現)と各リスト方向(同様にベクトル表現)との内積をとり、最大の値をとるリストを選択する。

【0078】次いで、投影部108はリスト214中の各多角形を順に読み込む。そして、多角形番号を用いて多角形テーブル212の項目を参照し、多角形の頂点情報を有している頂点テーブル211の項目を順に読み出し、視点面上への投影像を以下のように計算する。

$$(x \ y \ z \ 1) \begin{bmatrix} a & b & c & d \\ e & f & g & h \\ i & j & k & l \\ m & n & o & p \end{bmatrix} = (X \ Y \ Z \ W)$$

このような行列は係数a～pで指定されるアフィン変換（回転、平行移動、拡大／縮小）を表すものであるが、ここでは拡大／縮小は考えないため係数d、h、l、pをゼロとして、変換スケール値Wは用いない。

【0081】図21において、物体のグローバル座標系における視点面に垂直なベクトル方向が要素N_x、N_y、N_zを持つとする。また、グローバル座標系における視点面上のx、y軸方向を示す2つのベクトルは、物体からみて視点面に垂直ベクトルNに対してどのくらい傾いているかを示すものである。ここでは、これらのベクトルをU、Vで示している。すると、投影頂点座標を求める変換行列は、

【0082】

【数2】

$$\begin{bmatrix} U_x & V_x & N_x & 0 \\ V_y & V_y & N_y & 0 \\ U_z & V_z & N_z & 0 \\ T_x & T_x & T_x & 0 \end{bmatrix}$$

と表現される。ここで、T_x、T_y、T_zは物体と視点面との間の平行移動量を示すものである。投影部108は、入力された視点面の垂直方向データと、垂直方向に対する傾き方向データ、視点面と物体との平行移動量データとに基づいて、この変換行列を生成する。

【0083】物体を平行投影で表示する場合には、単に各頂点のX、Y座標をX'、Y'座標として、Z座標を無視すれば良い。一方、より遠くに存在する点は小さく見える透視投影で物体を表示する場合には、X、Y座標をZ（奥行き）座標で割って、X' = X/Z、Y' = Y/Zとして投影座標を求める。

【0084】次いで、投影部108は多角形が視点面に対して裏向きであるか裏向きであるかを調べる。このためには、多角形の垂直ベクトルを求めて、2要素が正であるか負であるかを調べれば良い。頂点V1、V2、V3を持つ多角形の垂直ベクトルは、以下の式で求めることができる。

【0085】

【数3】

24

ここで、外積(A, B)は、

$$(A_x B_y - A_y B_x, A_z B_x - A_x B_z, A_y B_z - A_z B_y)$$

で与えられる。

【0086】多角形が裏向きであった場合には、レンダリング処理を行わず、リスト214の次の多角形を読み込む。一方、多角形が表向きであった場合には、頂点のX'、Y'座標をレンダリング部108に入力し、レンダリング部で頂点座標をフレームバッファの画素座標に変換し、フレームバッファ中の頂点間の画素位置に画素データを書き込む。この際、書き込む画素位置に既に画素データが与えられている場合（背景データあるいは背後に位置する多角形が存在する場合）には重ね書きする。そして、リスト214中の次の多角形を選択してレンダリング処理を行い、投影部108はこの処理をリスト中のすべての多角形に対して繰り返す。

【0087】物体の3次元奥行き感を強調するためには、上述のように、仮想光源に対する多角形の傾きに応じて、輝度値や色値を徐々に変化させる陰影処理を施せば良い。すなわち、光源方向を向いている多角形をその他の多角形より明るく表示する。また、環境光を取り入れることもできる。環境光を考慮すると、ある多角形の輝度値は、定数項目と多角形の垂直方向と光の多角形への入射角との余弦（コサイン）に比例する項目との積となる。仮想光源の位置は所定の座標に固定されているため、各多角形ごとに多角形面への光の入射角を求めることができる。なお、この入射角は、便宜的に多角形面と光源との間の正規化（長さが1の）ベクトルとして表現される。この入射角ベクトルと多角形の垂直ベクトル（上述の処理で求められる）との内積に、所定の定数項目を加算することによって、レンダリングする多角形画素の輝度値を求めることができる。カラー表示の場合には、各多角形ごとに赤、緑、青の3色値が多角形テーブル212に記憶（不図示）されており、求めた輝度値とこの3色値との乗算によって多角形の画素の赤、緑、青の色値が決定される。

【0088】グラフィックス処理を行う応用の中では、静止した物体（したがってすべての多角形）に対して、視点面を変更して異なる視点から見る場合が多い。このように視点面のみが動く場合（鏡面反射を考慮に入れない場合）には、多角形を表示する輝度値を再計算する必要はない。しかし、物体が動いたり、物体を編集した場合には、一般に各多角形ごとに輝度値を再計算する必要がある。もちろん、光源の位置を変更した場合も同様である。

【0089】コンピュータ100がレンダリングするた

点座標と色とを入力して中間の画素を色値でレンダリングする中途り機能を有する。しかしながら、ここでは説明の一貫性のため、適当なレンダリング処理についての簡単な説明を以下行う。

【0090】図22において、ディスプレイ50の解像度が制限されているように、フレームバッファ40の解像度もある画素数に制限されている。ここで、頂点座標は画素の解像度よりも高い精度で求めることが多い。レンダリング処理は一般にスキャン走査で行われ、多角形を画素点ごとに構造化して、多角形の領域内の画素に対しては所定の色値を与え、領域外の画素に対しては何も施さない。このような構造化処理においては、有名な「ジャギー」(Jaggies)と呼ばれる空間エリアシング現象が生じ、傾いた線が階段状にギザギザしてしまう。したがって、有名なエリアシング除去手法(例えば仮想的に画素数を増やす方法)の1つを用いて、この現象の発生を抑えることが望ましい。この仮想的に画素数を増やす手法は、多角形領域内に存在する画素領域の割合に基づいて画素の色値を低くする手法である。

【0091】図23はスキャン走査手法の1つの処理の流れを示したものである。まず、最上頂点(最大のY座標を持つ頂点)を選択する(図22ではV1)。また、多角形の境界線の傾きを各境界線のX座標とY座標との差に基づいて計算する(S231)。すなわち、隣接する頂点間のX座標の差をY座標の差で割ることによって逆正接(dx/dy)を計算する。これによって、Y座標が1画素変化したときのX座標の増分 ΔX が得られる。最上頂点(V1)(S232)からは、2つの下向きの境界線が並びつづき領域の境界を形成している。そこで、最上頂点のY座標を1画素減少させる(S233)。そして、最上頂点のX座標を2つの増分 $\Delta X1$ と $\Delta X2$ だけ減少させ、最近傍の画素位置を求めることで、2つの境界線のX座標を計算する(S234)。次いで、2つの境界線の座標の中で最も左側のX1(最小のX値)を求め、他の境界線X2に達するまで所定の色値で画素をレンダリングする(S235~S238)。続いて、最上頂点のY座標を再び1画素減少させ、最上頂点のX座標を2つの増分 $\Delta X1$ と $\Delta X2$ だけさらに減少させることで境界線座標X1とX2とを求める(S239、NO)。このように、1ラインごとに2つの多角形境界線の間を下方向にラスタ走査することで多角形のレンダリング処理を行う。Y座標が他の頂点位置(図22ではV3)に達すると、次の境界線(V3とV2の間の境界線)を選択し(S239~S241)、最下頂点(図22ではV2)に達

理を行うことで非常に効率よい計算量の少ない処理が可能となる3次元グラフィックス処理方法及びその装置を提供できる。また、リストの走査処理が高速であるため、動画像生成の速度を高速にすることができ、3次元グラフィックス処理方法及びその装置を提供できる。また、リストの生成処理も高速であるため、リストの再評価を行いながらの物体の描画を長い遅延を生じることなく行うことができ、実時間の描画が可能である3次元グラフィックス処理方法及びその装置を提供できる。

10 図面の簡単な説明

【図1】本発明の1つの実施例を示す装置を模式的に示したブロック図である。

【図2】図1の装置のプロセッサにおいて実行される処理機能の説明するブロック図である。

【図3a】本発明の実施例の一般的な処理の流れを模式的に示すフローチャートである。

【図3b】本発明の実施例の一般的な処理の流れを模式的に示すフローチャートである。

【図4a】多角形を説明する図である。

【図4b】複数の多角形から構成される表示画面及び図1のメモリ部に記憶される関連データを示す図である。

【図5】図4bのメモリ部に記憶されるデータの構成を模式的に示す図である。

【図6】図1と図2の装置の動作中のデータの流れを説明する図である。

【図7】図2の装置中のソート手段の動作を模式的に示す図である。

【図8a】物体の代表例を示す図である。

【図8b】物体の代表例を示す図である。

【図9】本発明の好適な実施例における図3aの処理をより詳細に示すフローチャートである。

【図10a】本発明の1つの実施例における図9の処理の一部をより詳細に示すフローチャートである。

【図10b】本発明の1つの実施例における図9の処理の一部をより詳細に示すフローチャートである。

【図11】多角形間の可能な空間的な位置関係を説明する図である。

【図12】図10aと図10bの実施例における図9の処理の他の一部をより詳細に示すフローチャートである。

【図13】図10aと図10bと図12の実施例における図9の処理の他の一部をより詳細に示すフローチャートである。

【図14】3次元物体の2次元投影像の例を示す図である。

処理によって図16から得られるテーブルを示す図である。

【図18】ソート処理の繰り返しが生じる多角形構成を示す図である。

【図19】図18のような多角形構成の場合に実行する図13の処理の一部をより詳細に示す図である。

【図20】図7のブロック図に対応するフローチャート*

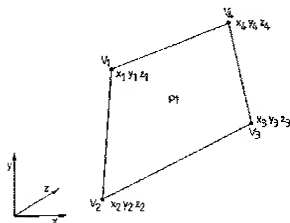
*である。

【図21】物体座標と視点面と光源との関係を説明する図である。

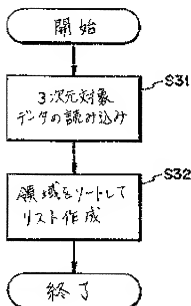
【図22】レンダリング処理を説明する図である。

【図23】1つの適当なレンダリング法を説明するフローチャートである。

【図4a】



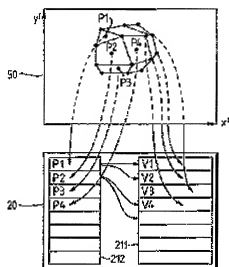
【図3a】



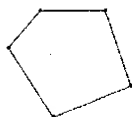
【図18】



【図4b】



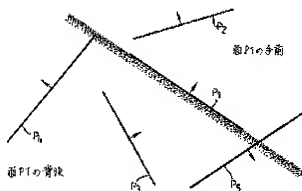
【図8a】



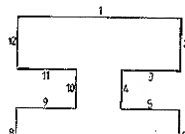
【図8b】



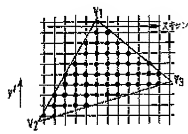
【図11】



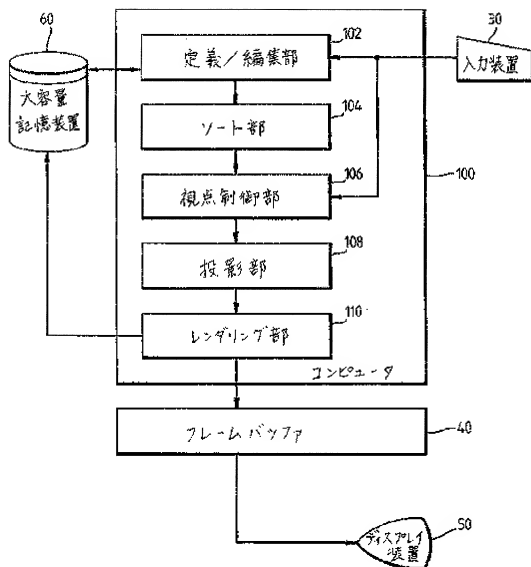
【図14】



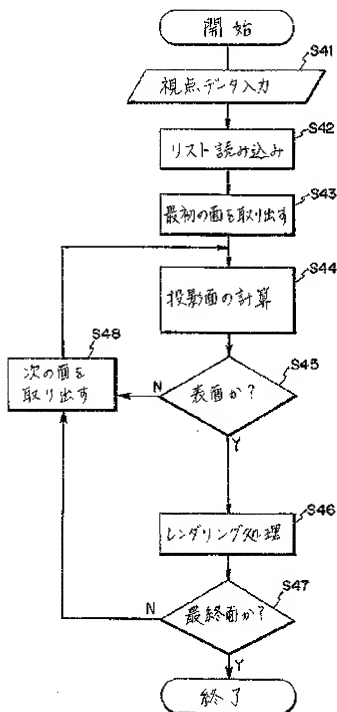
【図22】



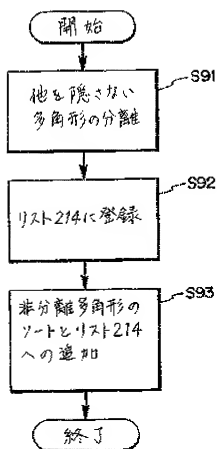
【図2】



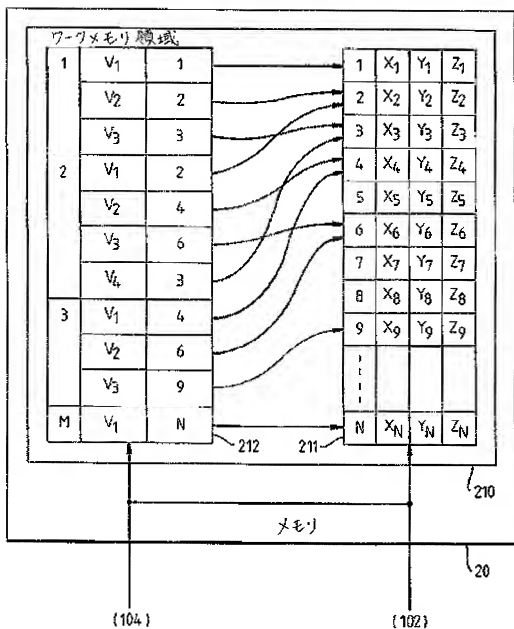
【図3b】



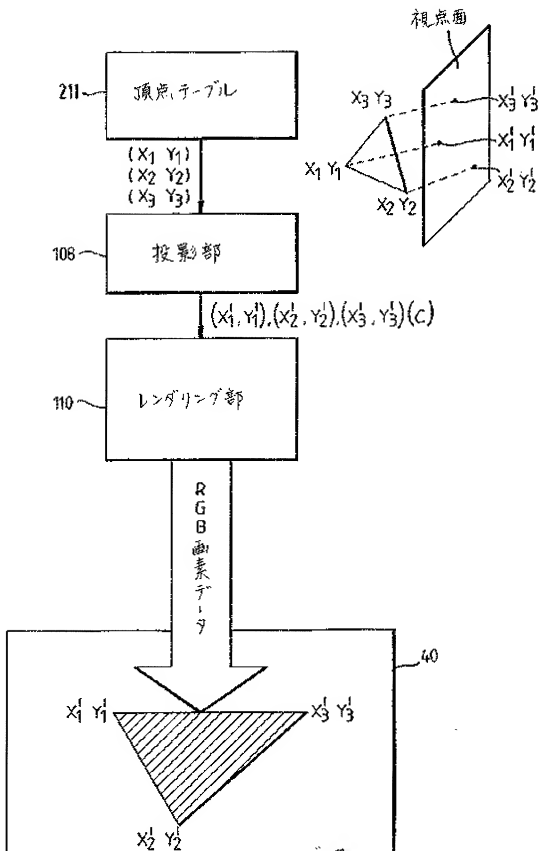
【図9】



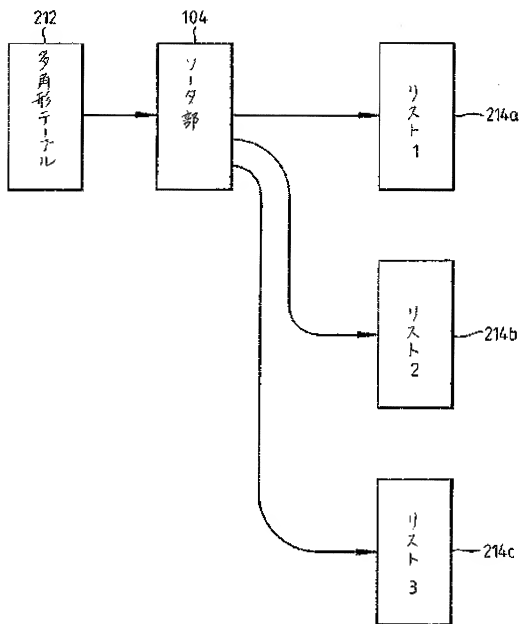
【図5】



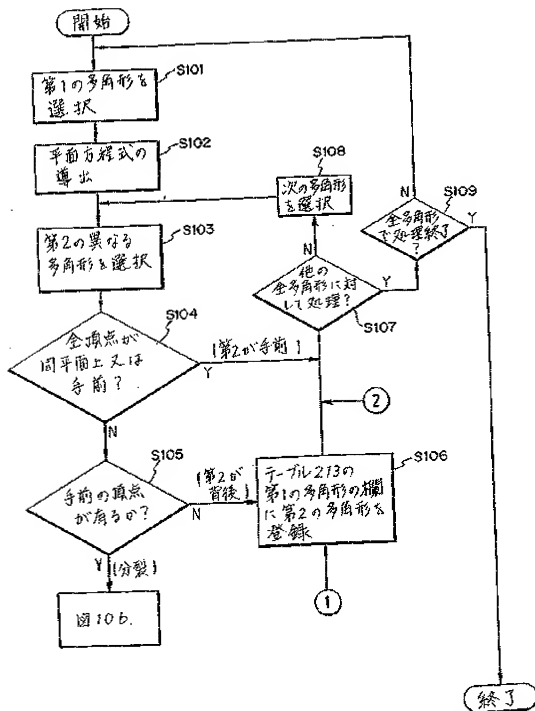
【図6】



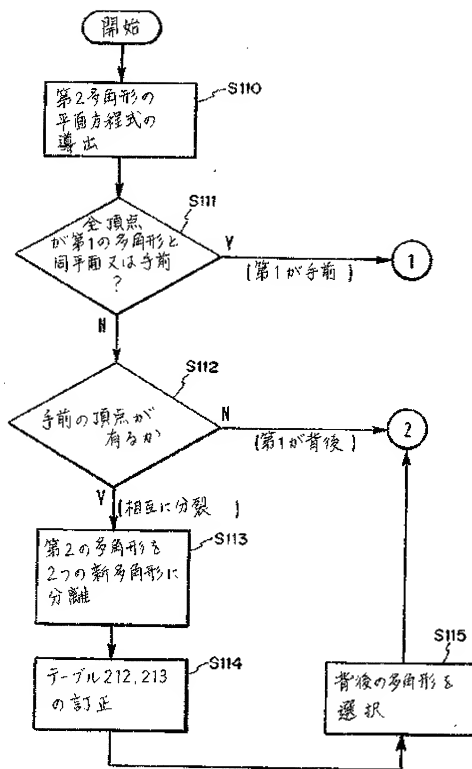
【図7】



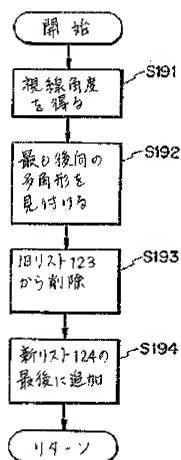
【図10a】



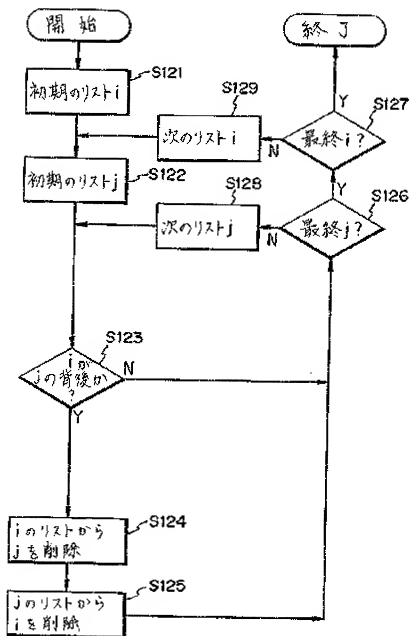
【図10b】



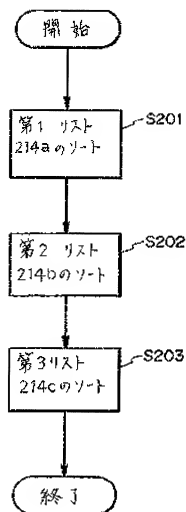
【図19】



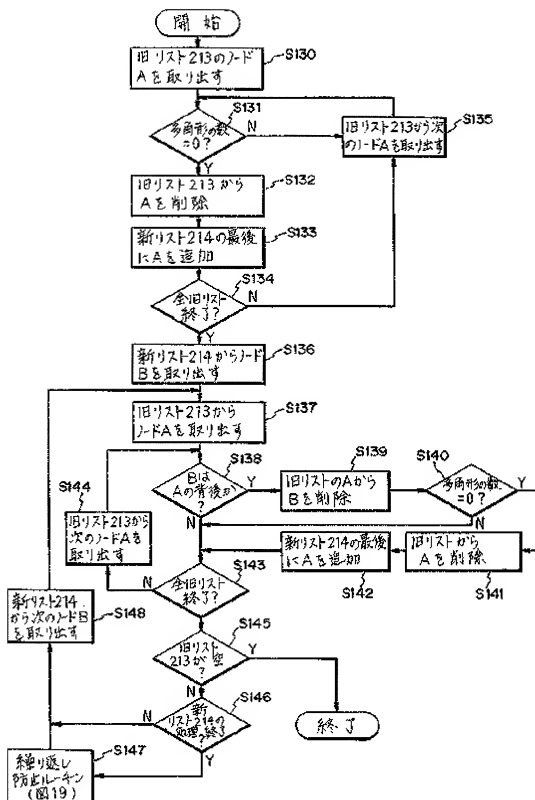
【図12】



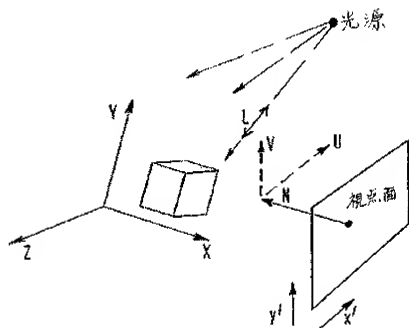
【図20】



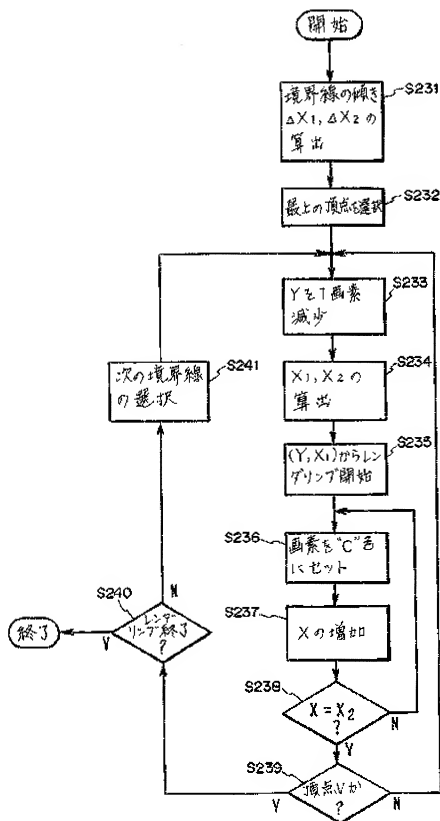
【図13】



【図21】



[図23]



フロントページの続き

(72)発明者 デービッド ラウキー

イギリス国 TW11 9BT ミドルセ
ックス デディントン フェアファック
スロード グロブナーコート 4

(56)参考文献 特開 平2-224018 (JP, A)

特開 平3-202981 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)

G06T 15/40 200

G06T 15/00 100